

ВПЛИВ ІСТОРІЇ ДЕФОРМУВАННЯ НА ПЛАСТИЧНІСТЬ

Олександр Грушко, д.т.н., проф., директор ІнМАД, Вінницький національний технічний університет (ВНТУ), Україна

Олександр Гуцалюк, аспірант кафедри ОМПМ, ВНТУ, Україна

Руслан Ткаченко, аспірант кафедри ОМПМ, ВНТУ, Україна

При виготовленні заготовок методами обробки тиском важливу роль для забезпечення якості виробів відіграє історія деформування. Вона дає змогу зробити оцінку величини деформування та отримати заготовки з необхідними фізико-механічними властивостями.

Метою даної роботи є дослідження впливу історії деформування на величину граничних деформацій зразків.

У загальному випадку за заданою функцією $e_i(\eta)$ і діаграмою пластичності можна встановити залежність $e_p(e_i)$ і зробити оцінку деформування. В роботах В.А.Огороднікова [1] досліджено залежність граничної деформації від схеми напруженого стану, історії деформування і градієнта пластичних деформацій. Ним спільно із Г.Д. Делем запропоновано критерій деформування, який враховує нелінійне накопичення пошкоджень і різні шляхи навантажування металу:

$$\psi = \int_0^{e_u^*} \left(1 + a \operatorname{arctg} \frac{d\eta}{d\bar{e}_u} \right) \frac{\bar{e}_u^{a \operatorname{arctg} \frac{d\eta}{d\bar{e}_u}}}{[e_p(\bar{e}_u)]^{1 + a \operatorname{arctg} \frac{d\eta}{d\bar{e}_u}}} d\bar{e}_u \leq 1, \quad (1)$$

З аналізу (1) випливає, що траєкторію навантажування можна задавати в тривимірному просторі з координатами e_u, η, μ_σ за допомогою кривої $\eta(e_u), \mu_\sigma(e_u)$.

Залежності $\eta(e_u), \mu_\sigma(e_u)$ названі нами «шляхи деформування», на відміну від терміна «траєкторії навантажування» в просторі напружень, траєкторії деформацій (в просторі деформацій).

З аналізу (1) випливає також, що при $\eta = \text{const}$ та $\mu_\sigma = \text{const}$ навантаження буде простим, а при $\eta = \eta(e_u), \mu_\sigma = \mu_\sigma(e_u)$ - складним.

У загальному випадку напруженого стану залежність пластичності від схеми напруженого стану можна задати поверхнею $e_p(\eta, \mu_\sigma)$.

Кривизну траєкторій шляху деформування будемо задавати

$$\chi = \frac{d\eta}{de_u}, \frac{d^2\eta}{de_u^2}. \quad (2)$$

Якщо розраховувати процеси навантажування не в п'ятимірному просторі тензора деформацій, а в просторі безрозмірних показників напруженого стану, при цьому перша похідна від показників напруженого стану характеризує швидкість накопичення ушкоджень $\left(\frac{d\eta}{de_u}, \frac{d\chi}{de_u}, \frac{d\mu_\sigma}{de_u} \right)$, а друга

похідна від показників $\left(\frac{d^2\eta}{de_u^2}, \frac{d^2\chi}{de_u^2}, \frac{d^2\mu_\sigma}{de_u^2} \right)$ - характеризує кривизну шляху деформування. Проаналізуємо експериментальні дані, отримані в роботі [1] шляхом випробування циліндричних зразків з різних матеріалів в умовах спільного крутіння і розтягування за різними програмами деформування. Розглянуто шляхи деформування для випадків $\frac{d\eta}{de_u} \geq 0$, кривизна траєкторії

$$\frac{d^2\eta}{d^2e_u} = 0, \text{ а } \frac{d\eta}{de_u} \text{ знаходиться в межах: у разі } \frac{d\eta}{de_u} \geq 0 \text{ значення } \frac{d\eta}{de_u} = 0,07 \div 25, \text{ в разі } \frac{d\eta}{de_u} \leq 0 \text{ значення } \frac{d\eta}{de_u} = (-0,2) \div (-0,9).$$

Розглядаючи технологічні процеси обробки металів тиском, в яких частинки металу піддаються складного навантаженню, при якому $\frac{d\eta}{de_u} \geq 5$, найбільш достовірні результати дає розрахунок за критерієм (1).

Результати, аналізу експериментальних даних [1], вказують на помітний вплив швидкості зміни показника напруженого стану в вигляді параметра $\frac{d\eta}{de_u}$.

Якщо $\frac{d\eta}{de_u}$ зростає, відповідно зростає вплив історії деформування на величину граничних деформацій (e_p вище в порівнянні з величиною e_p визначеною за діаграмою пластичності). У разі зміни знаку похідної $\frac{d\eta}{de_u} = 0$ пластичність зменшується (в порівнянні з величиною e_p визначеною за діаграмою пластичності). Зауважимо, однак, що функція $\eta = \eta(e_u)$ включає в себе змінність двох параметрів – показника h і кривизну траєкторії деформації $\chi = \frac{1}{\rho}$. З тим, щоб виділити вплив кожного параметра, в роботі [1] отримані залежності кривизни траєкторії деформацій χ від осьової деформації e_z для зразків, що деформуються в умовах складної деформації $\eta = 2,86 \cdot e_u$, $\eta = \sqrt{e_u}$, $\eta = e_u^2$, $\eta = 1,4 \cdot e_u$.

При зазначених траєкторіях кривизни, траєкторія деформації змінюється від $\chi = 8$ до $\chi = 0,5$. Величина граничних деформацій слабо залежить від кривизни χ траєкторії деформацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Огородников В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением / В. А. Огородников. – Головне вид-во «Вища школа», 1983. – 175 с.